

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pengukuran Listrik Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta. Adapun waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus hingga Desember 2015.

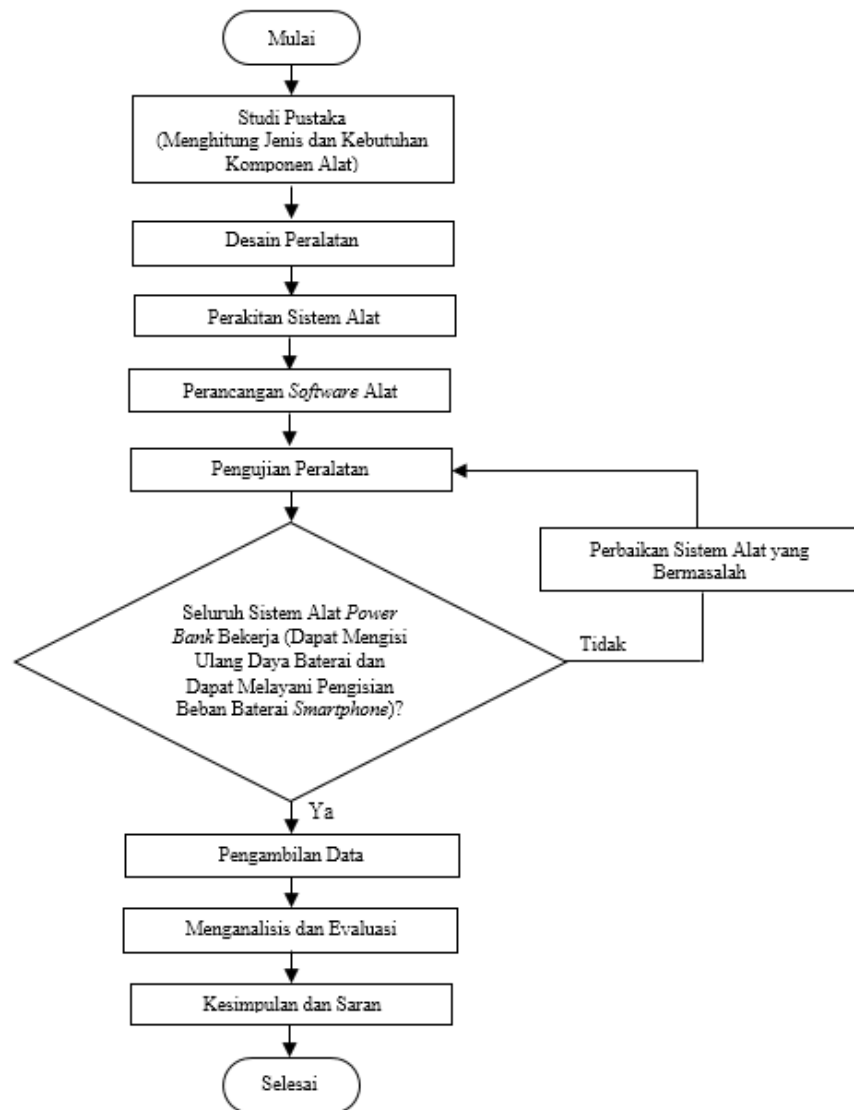
3.2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen laboratorium yaitu dengan melakukan studi literatur, membuat rancangan alat dan menganalisis seluruh sistem alat dengan parameter yang diamati adalah hasil *output* tegangan dan arus, serta melakukan pengujian langsung pada alat di lapangan.

3.3. Rancangan Penelitian

Perancangan penelitian yang akan dilakukan dalam kegiatan penelitian ini adalah studi literatur, *reverse engineering* dan penerapan langsung di lapangan, serta memiliki beberapa langkah penelitian lainnya sehingga pada saat pembuatan alat sudah ditentukan parameter-parameternya.

Adapun *flow chart* rancangan dalam penelitian alat ini dapat dilihat pada gambar 3.1. di bawah ini.



Gambar 3.1. *Flow Chart* Rancangan Penelitian
Sumber : Dokumen Pribadi

1. Studi Pustaka

Sebelum melakukan penelitian, perlu dipersiapkan lokasi penelitian, pengumpulan data dengan studi literatur. Kemudian, melakukan studi pustaka dengan mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan pembuatan alat serta menghitung jenis dan kebutuhan komponen alat yang akan digunakan. Adapun hal pertama yang dilakukan adalah menentukan masalah agar alat yang dibuat dapat bermanfaat untuk mengatasi permasalahan yang ada. Setelah menemukan

masalah, kemudian mempelajari solusi yang sudah ada dan mencari tahu kekurangan dari alat tersebut, agar nantinya alat yang dibuat bisa lebih baik dari yang sebelumnya.

2. Perancangan/Desain Peralatan

Dalam proses pembuatan alat ini, terlebih dahulu dibuat perancangan sistem diagram pada rangkaian dan melakukan pengumpulan alat dan bahan yang dibutuhkan. Adapun desain peralatan yang dilakukan, yaitu meliputi seluruh desain rangkaian pengisian baterai *power bank* tenaga *hybrid*, desain sel surya, dan komponen lainnya.

3. Pembuatan/Perakitan Sistem

Setelah seluruh komponen alat sudah tersedia, maka langkah selanjutnya adalah penyusunan komponen yang akan dirangkai pada papan *breadboard* lalu mengujinya. Setelah diuji coba pada papan *breadboard* berhasil, baru kemudian komponen elektronika penyusun *power bank* tenaga *hybrid* saling dirangkai dan disolder pada papan PCB sebenarnya. Kemudian, perlu dilakukan pembuatan rangka *power bank*, dan penyangga sel surya.

4. Perancangan *Software* Alat

Setelah seluruh sistem alat selesai dirakit, maka langkah selanjutnya yaitu membuat *software* alat yang akan mendukung sistem kerja alat. Pembuatan *software* ini digunakan untuk mikrokontroler ATmega 8 dengan *output* LCD.

5. Pengujian Peralatan

Uji coba pada peralatan ini dilakukan untuk mengetahui apakah seluruh sistem pada alat dapat bekerja dengan baik, dimana *power bank* tenaga *hybrid* dapat digunakan untuk mengisi ulang daya baterai *power bank* dan juga dapat

melayani beban baterai *smartphone*. Apabila terdapat kesalahan pada sistem kerja *power bank*, maka bisa dilakukan perbaikan pada sistem yang bermasalah. Adapun pengujian alat dilakukan langsung di lapangan dengan parameter pengujian berupa nilai tegangan dan arus pada seluruh sistem rangkaian.

6. Pengambilan Data

Pengambilan dan pengumpulan data yang dilakukan meliputi, pengambilan data pada blok *input*, blok proses dan blok *output*. Masing-masing blok memiliki pengujian dengan sejumlah rangkaian yang berbeda-beda.

7. Analisa dan Evaluasi

Analisa dan evaluasi yang dilakukan pada peralatan yang dibuat meliputi, analisa seluruh rangkaian *power bank*, dan hasil uji coba sistem pengisian baterai menggunakan sumber *power supply* dan sumber sel surya yang meliputi lamanya pengisian dan besarnya nilai tegangan dan arus dari sel surya. Kemudian menganalisa lamanya pengosongan baterai *power bank* tenaga *hybrid* dengan melayani beban baterai *smartphone*.

8. Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan analisa, pengambilan data dan evaluasi pada saat pengujian alat, maka selanjutnya diambil kesimpulan dari seluruh sistem kerja *power bank* tenaga *hybrid* ini mengetahui kekurangan dan kelebihan alat dan kemudian memberikan saran demi perkembangan alat ke depannya.

3.4. Instrumen Penelitian

Dalam penelitian alat ini, peneliti menggunakan beberapa instrumen pada saat melakukan pengujian alat, yaitu antara lain adalah sebagai berikut :

1. Multimeter Digital yang digunakan adalah merk Heles UX-8383TR dan Aron DT9205A yang berfungsi untuk mengukur tegangan dan arus pada sel surya dan seluruh sistem rangkaian pada *power bank* tenaga *hyrid*.
2. Adaptor (*power supply*) digunakan untuk menguji pengisian baterai *power bank* dengan menggunakan sumber *power supply* (*listrik PLN*). Adapun spesifikasi adaptor yang digunakan adalah sebagai berikut :

Merk	: Samsung
Model. No.	: ETA0U83EWE
Input/Tegangan Listrik (AC)	: 100-240V ~ Frekuensi 50-60 Hz ; 0.15 A
Output (DC)	: 5.0V; 1.0A

3. Panel Surya digunakan untuk pengisian baterai *power bank* dengan menggunakan sumber sel surya. Adapun spesifikasi 2 buah panel surya yang digunakan adalah sebagai berikut :

Ukuran sel Surya	: 10 cm x 7 cm
Jenis sel surya	: Monokristal
Tegangan <i>output</i> maksimum (V_{OC})	: 7 V
Arus <i>output</i> maksimum (I_{SC})	: 200 mA
Daya maksimum (P_{maks})	: 1,4 Watt
Jumlah Sel	: 18 modul
Batas Temperatur	: -40°C sampai +85°C

4. IC Regulator LM7805 digunakan untuk meregulasi tegangan *output* sel surya menjadi konstan 5 volt.
5. Modul Sensor Arus ACS712 5 A digunakan sebagai pembaca besarnya nilai arus sel surya.
6. Sensor Tegangan dengan pembagi resistor digunakan sebagai pembaca besarnya nilai tegangan sel surya.
7. Modul *Charger* digunakan untuk meregulasi dan menstabilkan tegangan *input* dari sumber *power supply* dan sumber sel surya serta mengamankan baterai dari keadaan *overcharge* dan *overdischarge*.

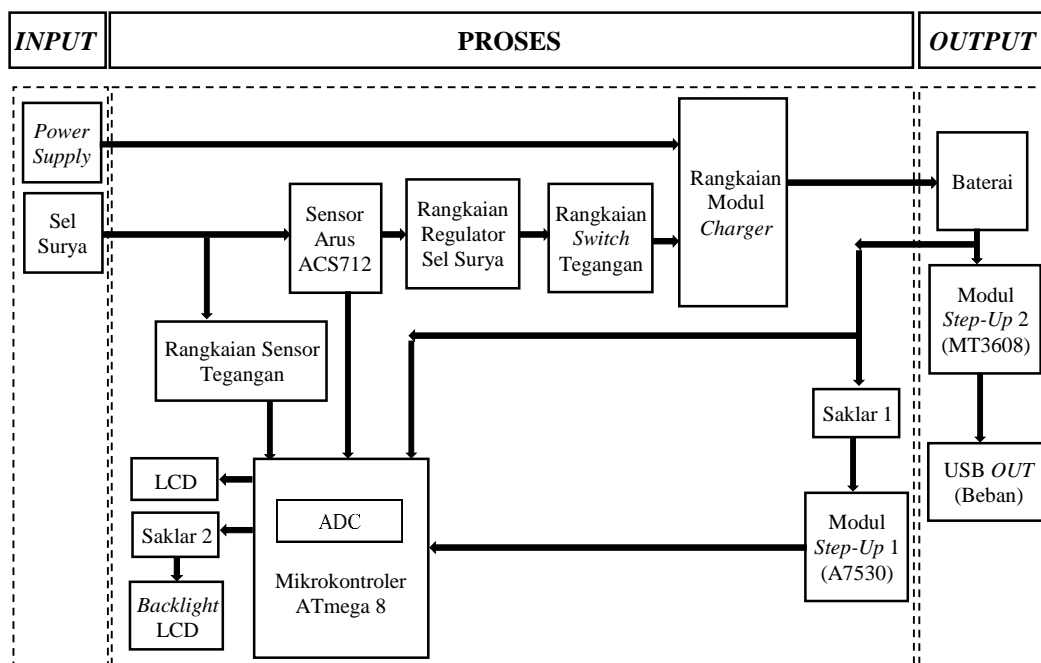
8. Modul *Step-Up* Tegangan digunakan sebagai suplai tegangan untuk sensor ACS712, mikrokontroler ATmega 8 dan LCD (modul *step-up* IC A7530), serta penaik tegangan *output* baterai *power bank* untuk melayani beban baterai *smartphone* (modul *step-up* IC MT3608).
9. LCD Hitachi HD4470 16x2 digunakan untuk menampilkan besarnya nilai dan persentase tegangan baterai serta arus dan tegangan sel surya.
10. Baterai Isi Ulang digunakan sebagai penyimpan energi listrik sementara dari sumber *power supply* (listrik PLN) dan sumber sel surya. Adapun spesifikasi baterai isi ulang yang digunakan sebagai berikut :

Jenis baterai	: <i>Lithium Ion</i> (Li-Ion)
Merk	: Sanyo NCR18650BF
Kapasitas/Tegangan	: 3,4 Ah/3,7 volt
Jumlah Sel	: 3 Sel
11. Mikrokontroler ATmega 8 digunakan sebagai pusat pengendali atau otak dari rangkain LCD pemantau besarnya nilai dan persentase tegangan baterai, serta besarnya tegangan dan arus *input* dari sel surya.
12. Lampu LED digunakan sebagai indikator pengisian baterai *power bank*.

3.5. Perancangan Alat Penelitian

Seperti blok diagram pada gambar 3.2. di bawah, sistem perancangan alat *power bank* tenaga *hybrid* ini terdiri dari tiga blok, yaitu :

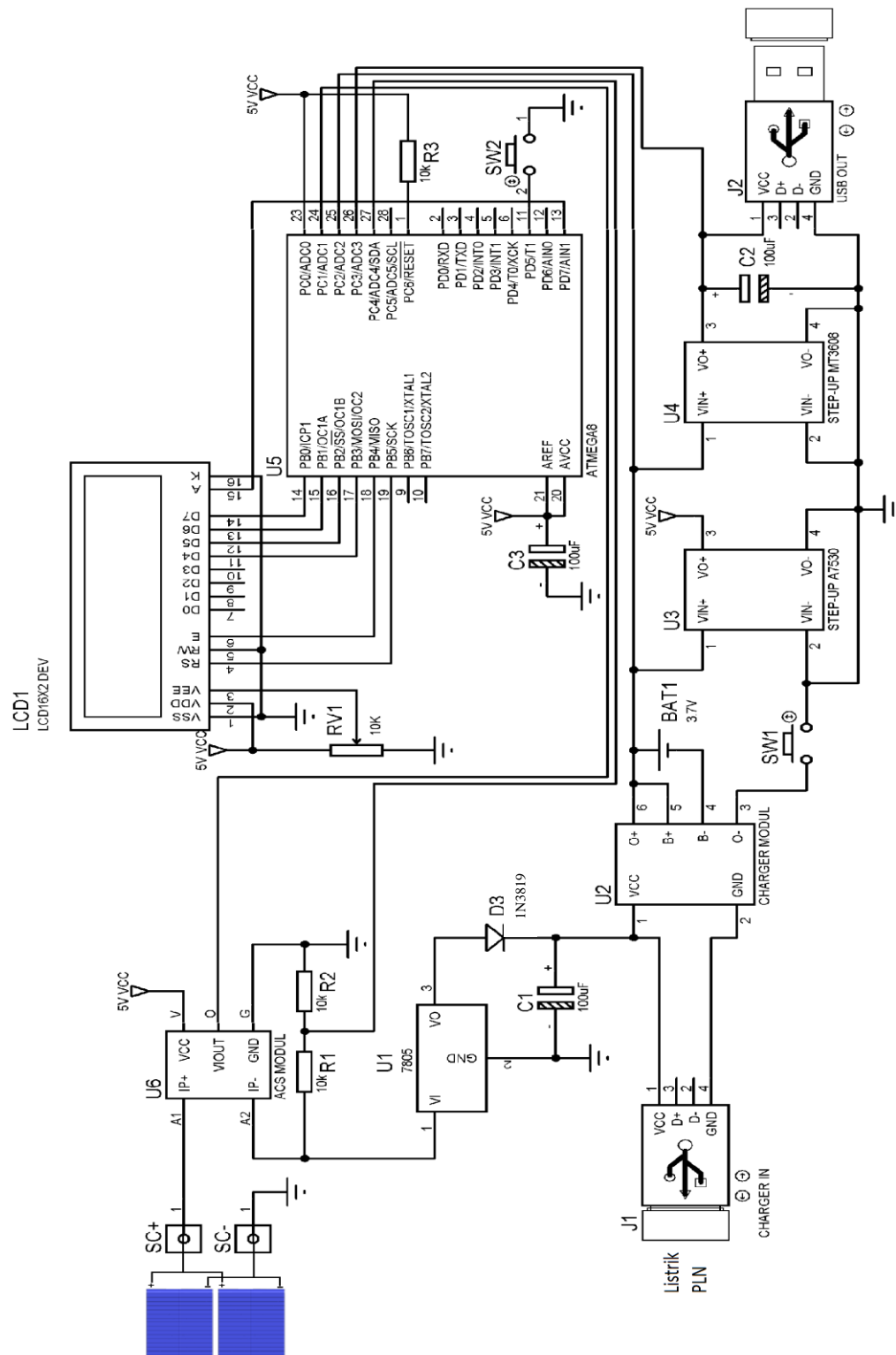
1. **Blok Input** : Pada blok ini adalah sumber catu daya yang digunakan yaitu dari *power supply* (listrik PLN) dan sel surya.
2. **Blok Proses** : Pada blok ini terdiri dari rangkaian regulator sel surya, rangkaian *switch* tegangan, rangkaian sensor tegangan, rangkaian sensor arus ACS712, rangkaian modul *charger* (regulator dan proteksi), mikrokontroler ATmega 8, LCD, modul *step-up* tegangan 1 (A7530) dan saklar 1 dan 2.
3. **Blok Output** : Pada blok ini, terdiri dari baterai *power bank*, modul *step-up* 2 (MT3608) dan USB *OUT*.



Gambar 3.2. Blok Diagram Rancangan *Power Bank* Tenaga Hybrid

Sumber : Dokumen Pribadi

3.5.1. Rangkaian Alat



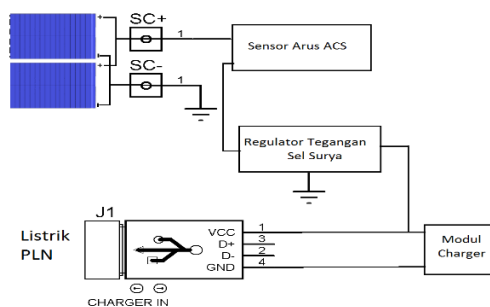
Gambar 3.3. Skema Rangkaian *Power Bank* Tenaga Hybrid
Sumber : Dokumen Pribadi

3.5.2. Deskripsi Cara Kerja Alat

Prinsip kerja dari seluruh rangkaian *power bank* tenaga *hybrid* ini dibagi menjadi 2 bagian/blok, yaitu prinsip kerja pada saat pengisian baterai dan prinsip kerja pada saat pengosongan baterai *power bank*. Masing-masing blok nantinya akan memiliki parameter-parameter pengujiannya masing-masing.

1. Pengisian Baterai *Power Bank*

Pada gambar 3.4. di bawah menjelaskan proses awal pengisian baterai *power bank* yang terdiri dari dua sumber catu daya yang akan digunakan, yaitu dari sumber *power supply* (listrik PLN) dan sumber sel surya yang dihubungkan secara paralel terhadap V_{IN} modul *charger*.



Gambar 3.4. Skema Rangkaian dengan Dua Sumber Catu Daya
Sumber : Dokumen Pribadi

Pada sumber *power supply* (listrik PLN), tegangan listrik yang dihasilkan tidak akan mengalami pemrosesan regulasi karena hasil tegangannya sudah stabil yaitu sebesar ± 5 volt DC, karena sudah diproses sebelumnya oleh adaptor *smartphone* atau *gadget* yang digunakan pada umumnya.

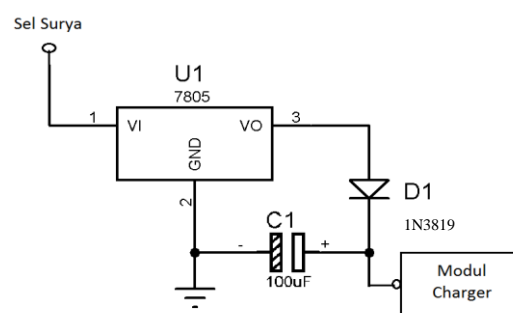
Prinsip kerja dari sel surya secara keseluruhan adalah ketika cahaya matahari mengenai sel surya, maka proses *P-N junction* pada sel surya akan berlangsung. Prinsip *P-N junction*, yaitu *junction* antara semikonduktor tipe-P

dan tipe-N. Semikonduktor tipe-N mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif), sedangkan semikonduktor tipe-P mempunyai kelebihan *hole* (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan *hole* tersebut dapat terjadi dengan mendoping material dengan atom *dopant*. Peran dari P-N *junction* ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron dan *hole* dapat diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-P dan tipe-N terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-N ke tipe-P sehingga semikonduktor tipe-N membentuk kutub positif, dan tipe-P membentuk kutub negatif. Akibat dari aliran elektron dan *hole* ini maka terbentuk medan listrik, dimana ketika cahaya matahari mengenai susunan P-N *junction* ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya *hole* bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang. Gerakan tersebut yang menyebabkan pengisian arus listrik menuju aliran ke luar.

Besarnya arus yang dihasilkan sangat tergantung pada besarnya intensitas cahaya matahari yang diterima oleh sel surya. Oleh karena itu, sel surya yang digunakan pada alat ini berjumlah 2 buah yang dihubungkan secara paralel untuk mendapatkan batas ukuran tegangan dan arus yang dikehendaki. Adapun besarnya tegangan dari dua buah sel surya yang dipasang secara paralel adalah sama yaitu sebesar 7 volt. Sedangkan arusnya untuk satu sel surya sebesar 200 mA. Karena dalam hal ini menggunakan dua sel surya yang diparalel, sehingga besar arus yang dapat dihasilkan adalah :

$$I_{\text{total}} = 200 \text{ mA} + 200 \text{ mA} = 400 \text{ mA} \quad (3.1)$$

Ketika sumber sel surya yang digunakan untuk menyuplai pengisian baterai *power bank*, maka besarnya tegangan yang mengalir akan melewati proses regulasi. Hal tersebut dilakukan supaya besarnya tegangan sel surya akan dapat bekerja pada rangkaian *switch* tegangan dan modul *charger*. Adapun skema rangkaian dari regulator tegangan sel surya dan *switch* tegangan dapat dilihat pada gambar 3.5. di bawah ini.



Gambar 3.5. Skema Rangkaian Regulator Tegangan dan *Switch* Tegangan
Sumber : Dokumen Pribadi

Regulator tegangan digunakan sebagai penstabil tegangan keluaran dari sel surya supaya tegangan *output* sel surya dapat konstan 5 volt. Pada pengujian alat ini, satu buah regulator yang digunakan yaitu IC LM7805. Jika mengacu pada *datasheet*, IC LM7805 mempunyai *range* tegangan masukan dari 5 volt sampai 18 volt dan menghasilkan tegangan keluaran sebesar 4,80 volt sampai 5,20 volt dengan *output* arus maksimal sebesar 1 A. Pada rangkaian regulator, dipasang kapasitor berkapasitas 100 μ F yang berfungsi sebagai filter arus dan tegangan dari sel surya untuk mengurangi *ripple*.

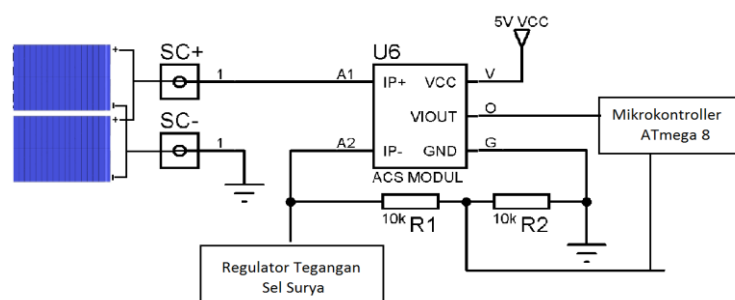
Setelah sumber tegangan dari sel surya sudah diturunkan menjadi 5 volt, maka aliran listrik selanjutnya akan mengalir ke rangkaian *switch* tegangan. Prinsip kerja pada rangkaian *switch* tegangan ini berdasarkan penggunaan

suplai tegangan yang terbesar sebagai sumber utama dengan menggunakan teori tegangan halang (*barrier voltage*) pada dioda. Adapun jenis dioda yang digunakan adalah dioda silikon 1N3819 yang berfungsi sebagai gerbang, serta penyearah aliran arus yang akan masuk ke dalam rangkaian modul *charger* dan memiliki tegangan halang (*barrier voltage*) sebesar 0,5 volt.

Output tegangan sel surya yang sudah diregulasi menjadi 5 volt oleh IC LM7805 akan mengalami penurunan tegangan lagi yang disebabkan oleh pemasangan dioda menjadi 4,5 volt. Dioda ini dipasang pada sumber listrik sel surya dengan bagian anode mendapatkan tegangan positif, sedangkan bagian katode mendapatkan tegangan negatif (saklar terbuka). Ketika proses pengisian sedang berlangsung secara normal yaitu ketika dalam keadaan dua sumber tegangan digunakan secara bersamaan, maka dioda yang digunakan pada sel surya akan bekerja sebagai saklar terbuka untuk *input* sumber sel surya, dan menjadi saklar tertutup untuk *input* sumber *power supply* (listrik PLN). Sehingga pada keadaan normal sumber utama yang digunakan adalah tetap menggunakan sumber *power supply* (listrik PLN) yang memiliki suplai tegangan konstan lebih besar yang disuplai dari adaptor sebesar 5 volt sampai 5,2 volt. Dimana, ketika sumber dari sel surya sedang bekerja, namun sumber *power supply* (listrik PLN) masuk, seketika sumber dari sel surya akan terputus dan pengisian *power bank* akan menggunakan sumber *power supply* (listrik PLN). Selain itu, arus dari sumber *power supply* (listrik PLN) juga tidak akan mengalir ke dalam sel surya karena pemasangan dioda. Tetapi, jika sumber *power supply* (listrik PLN) tidak digunakan, maka otomatis sumber sel surya akan langsung menyuplai energi listrik untuk pengisian baterai *power bank*.

Setelah sumber tegangan sel surya sudah melewati rangkaian regulator tegangan dan kedua sumber listrik sudah melewati rangkaian *switch* tegangan untuk memilih tegangan utama, maka aliran listrik selanjutnya akan mengalir ke dalam rangkaian modul *charger* (regulator dan proteksi), modul *step-up* tegangan A7530 dan rangkaian mikrokontroler ATmega 8 dengan *output* berupa LCD pemantau besarnya nilai dan persentase dari tegangan baterai *power bank*, serta pemantau nilai tegangan dan arus *input* sel surya.

Khusus untuk penggunaan sumber sel surya, selama pengisian baterai *power bank* berlangsung, aliran tegangan dan arus positif sel surya akan mengalir ke dalam rangkaian modul sensor arus ACS712 dan sensor tegangan. Sehingga, besarnya arus dan tegangan *input* sel surya dapat diketahui dan dipantau melalui layar LCD. Untuk mengukur besarnya arus *input* sel surya digunakan sensor arus ACS712 dengan spesifikasi 5 A. Kemudian, pada saat mengukur tegangan sel surya rangkaian yang digunakan adalah sensor tegangan. Skema rangkaian sensor arus ACS712 dan tegangan sel surya dapat dilihat pada gambar 3.6. di bawah ini.



Gambar 3.6. Skema Rangkaian Sensor Arus ACS712 dan Sensor Tegangan
Sumber : Dokumen Pribadi

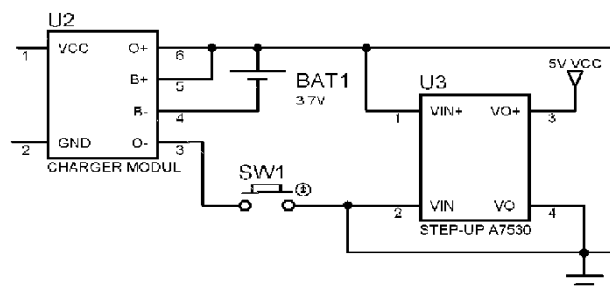
Penggunaan sensor tegangan dikarenakan besar tegangan maksimal yang diizinkan oleh ADC mikrokontroler dan LCD adalah maksimal 5 volt. Sehingga, dibutuhkan pembagi tegangan agar besar tegangan yang dihasilkan sel surya bisa terbaca oleh mikrokontroler dan LCD. Besarnya nilai resistor yang digunakan pada sensor tegangan pada alat ini adalah sebesar 10 k Ω . Sehingga tegangan *output* yang akan terbaca pada mikrokontroler adalah sebagai berikut :

$$V_o = \frac{V_i \times R_2}{(R_1 + R_2)} = \frac{7 \text{ V} \times 10 \text{ k}\Omega}{(10 + 10) \text{ k}\Omega} = 3,5 \text{ volt} \quad (3.2)$$

Dimana : R_1 : Resistor R1 (ohm)
 R_2 : Resistor R2 (ohm)
 V_i : Tegangan *Input* (volt)
 V_o : Tegangan *Output* (volt)

Ketika sumber tegangan utama sudah dipilih, maka selanjutnya arus listrik yang dihasilkan akan melewati rangkaian modul *charger* yaitu berupa rangkaian penstabil tegangan dan rangkaian proteksi baterai dengan menggunakan fungsi dari IC TP4056, IC 8205A dan IC DW01A. Pada rangkaian modul *charger*, terdapat dua buah koneksi/pin *input* sumber yang dapat digunakan, yaitu melalui *mini* USB dan koneksi langsung pada rangkaian menggunakan kabel *jumper* melalui pin V_{CC} sebagai *input* tegangan positif ke rangkaian. Pada perancangan *power bank* ini, koneksi melalui *mini* USB akan digunakan sebagai *input* sumber *power supply* (listrik PLN). Kemudian, *input* dari koneksi langsung ke modul pada pin V_{CC} akan digunakan sebagai *input* dari sel surya. Kemudian, pada modul *charger* juga terdapat 2 buah pin *output*, yaitu pin *output* untuk baterai *power bank* dan pin *output* untuk dihubungkan

ke beban, dimana beban yang dihubungkan merupakan modul *step-up* A7530 dan modul *step-up* MT3608. Modul *step-up* A7530 ini yang akan menjadi sumber daya untuk sensor arus ACS712, mikrokontroler ATmega 8 dan LCD. Adapun skema rangkaian modul *charger* dan modul *step-up* tegangan A7530 dapat dilihat pada gambar 3.7. di bawah ini.



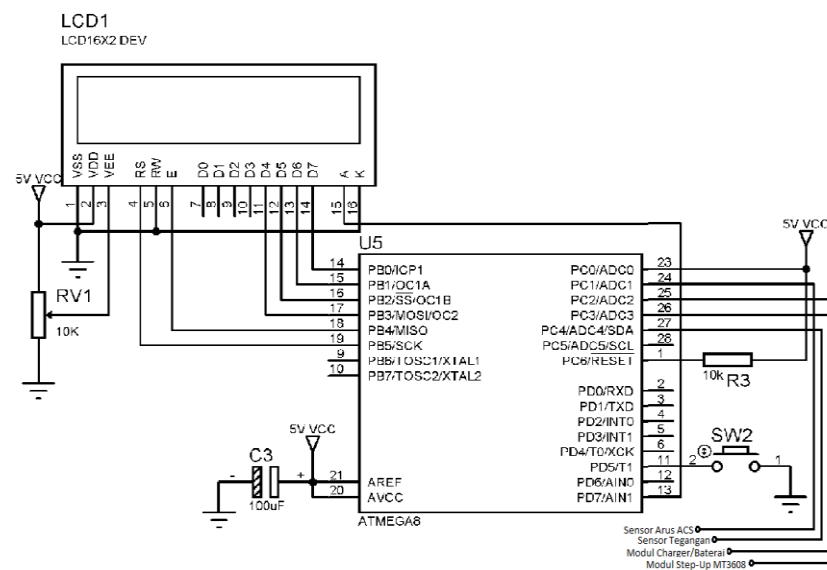
Gambar 3.7. Skema Rangkaian Modul *Charger* dan Modul *Step-Up* Tegangan IC A7530
Sumber : Dokumen Pribadi

Penggunaan IC TP4056 pada rangkaian modul *charger* digunakan sebagai penstabil tegangan *output* konstan untuk pengisian baterai dan proteksi *overcharge* pada saat pengisian baterai *power bank*. Kemudian, IC 8205A digunakan sebagai saklar MOSFET yaitu untuk penggunaan saklar elektronik pada rangkaian modul *charger*, dan penggunaan IC DW01A berfungsi sebagai proteksi baterai *power bank* dari kerusakan karena *overdischarge* pada saat *power bank* digunakan untuk melayani beban baterai *smartphone* atau *gadget* lainnya, yaitu dengan besar tegangan minimum baterai ketika *discharge* sebesar $\pm 2,5$ volt.

Pada rangkaian modul *charger* ini, terdapat 2 buah LED yang digunakan sebagai indikator pengisian baterai. LED 1 berwarna merah diambil dari pin CHRG yang akan selalu menyala selama pengisian baterai berlangsung.

Kemudian, ketika pengisian baterai sudah penuh, maka LED 2 berwarna hijau yang diambil dari pin STDBY akan menyala. Dimana, besar tegangan referensi yang sudah diatur ketika baterai penuh adalah sebesar $\pm 4,2$ volt. Sedangkan penggunaan saklar 1 pada rangkaian di atas digunakan sebagai saklar utama yaitu untuk menghubungkan atau memutuskan jalur baterai dengan rangkaian LCD, mikrokontroler ATmega 8, dan modul *step-up* A7530.

Selama pengisian baterai *power bank* berlangsung, besarnya tegangan baterai dan nilai tegangan dan arus *input* sel surya dapat dilihat pada layar LCD dengan mikrokontroler ATmega 8 sebagai otak pengendalinya. Adapun skema rangkaian LCD dan mikrokontroler ATmega 8 dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8. Skema Rangkaian Mikrokontroler ATmega 8 dengan LCD dan Saklar 2

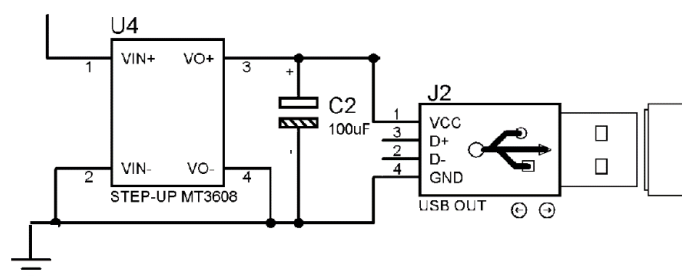
Sumber : Dokumen Pribadi

Pada gambar rangkaian mikrokontroler di atas, penggunaan *port C* yang merupakan pin ADC dari ATmega 8 digunakan sebagai pin *input* yang terhubung dengan modul *step-up* A7530 (PC0/ADC0), sensor arus ACS712

(PC1/ADC1), baterai (PC2/ADC2), modul *step-up* MT3608 (PC3/ADC3), dan sensor tegangan sel surya (PC4/ADC4). Selain itu, pin PD5/TI dihubungkan ke saklar 2 sebagai *input* untuk mengaktifkan lampu *backlight* LCD serta pin PD7/AIN1 dihubungkan ke pin anode pada LCD sebagai *output*. Sedangkan port B digunakan sebagai pin *output* yang terhubung ke LCD. Pin AVCC sebagai pin untuk suplai tegangan mikrokontroler dihubungkan ke modul *step-up* A7530 dan dipasang kapasitor dengan kapasitas 100 μ F sebagai filter.

2. Pengosongan Baterai *Power Bank*

Ketika *power bank* ingin digunakan untuk mengisi beban baterai pada *smartphone* atau *gadget*, maka jalur *output* yang digunakan yaitu melalui konektor USB *OUT*. Namun, sebelum arus listrik dari baterai *power bank* dapat mengalir ke dalam baterai *smartphone* atau *gadget*, terlebih dahulu diproses melalui rangkaian modul *step-up* tegangan MT3608 dengan pin *output*-nya dihubungkan dengan konektor USB *OUT* supaya arus dapat mengalir ke dalam baterai *smartphone* dan *power bank* pun bekerja. Pin *output* pada modul *step-up* MT3608 dipasang kapasitor berkapasitas 100 μ F sebagai filter sebelum dihubungkan ke konektor USB *OUT*. Adapun skema rangkaian modul *step-up* MT3608 pada rangkaian *power bank* dapat dilihat pada gambar 3.9. di bawah.



Gambar 3.9. Skema Rangkaian Modul *Step-Up* Tegangan IC MT3608

Sumber : Dokumen Pribadi

Setelah masing-masing rangkaian sudah dibuat, maka selanjutnya rangkaian-rangkaian tersebut saling dihubungkan dan diberikan perintah pemrograman pada mikrokontroler ATmega 8 agar fungsi dari *power bank* tenaga *hybrid* dapat berjalan sepenuhnya.

3.5.3. Pemrograman Alat

Pemrograman mikrokontroler ATmega 8 pada rangkaian LCD menggunakan *software* BASCOM-AVR, yaitu sebuah perangkat lunak atau program editor, *compiler* dan simulator dengan *basic compiler* berbasis *windows* untuk mikrokontroler keluarga AVR yang dikembangkan dan dikeluarkan oleh perusahaan MCS Electronics. Dalam program BASCOM-AVR terdapat beberapa kemudahan untuk membuat program *software* ATmega 8, seperti program simulasi yang sangat berguna untuk melihat simulasi hasil program yang telah kita buat, sebelum program tersebut kita *download* ke IC atau ke mikrokontroler. Berikut gambar 3.10. adalah tampilan awal ketika membuka *software* BASCOM-AVR.

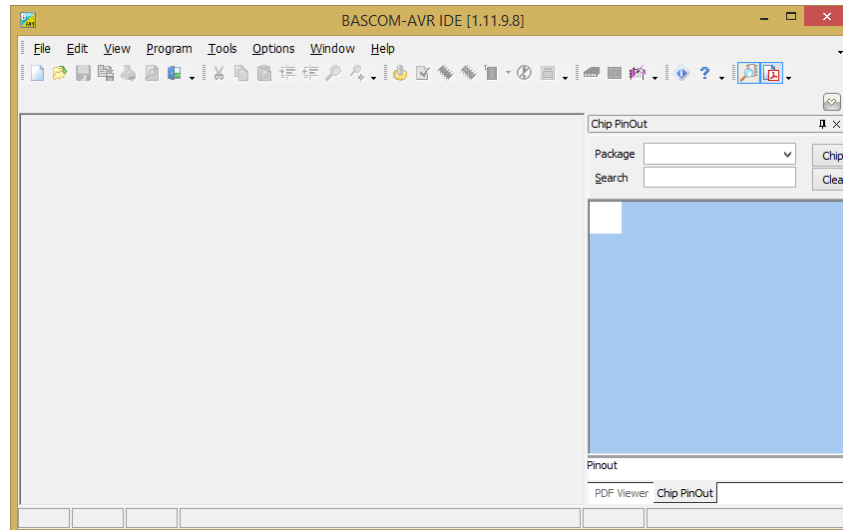


Gambar 3.10. Tampilan Awal *Software* BASCOM-AVR

Sumber : Dokumen Pribadi

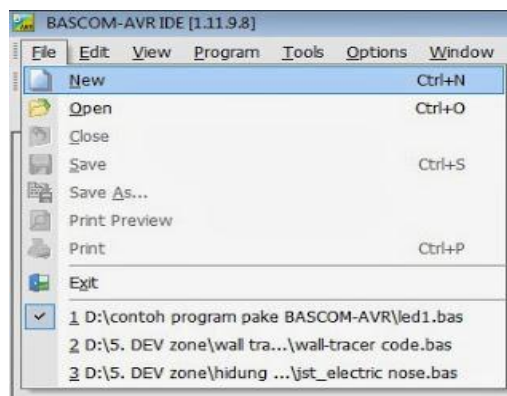
Setelah itu, tampilan tersebut akan berubah menjadi tampilan awal *software* BASCOM-AVR dengan halaman yang terdiri dari beberapa *tool* dengan

funksinya masing-masing dan siap untuk dibuat programnya seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.11. di bawah ini.



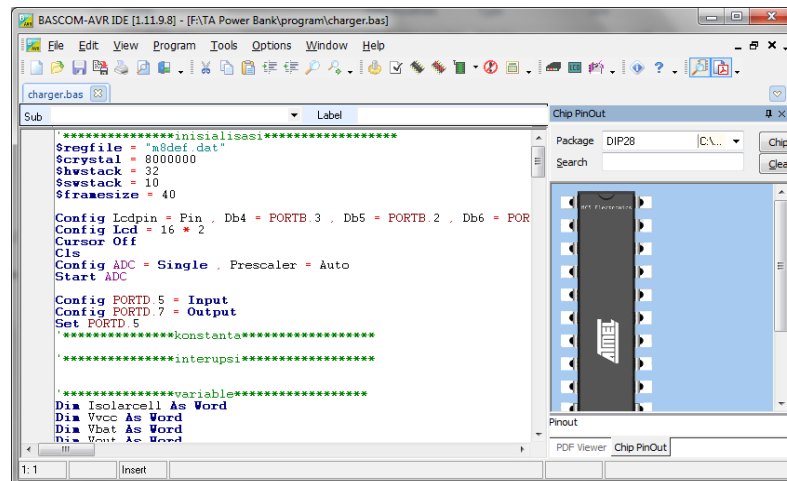
Gambar 3.11. Halaman Kosong *Software* BASCOM-AVR
Sumber : Dokumen Pribadi

Kemudian, langkah pertama yang dilakukan untuk menulis program yang ingin dibuat yaitu dengan membuka jendela *text editor* baru. Cara untuk membuka jendela *text editor* baru yaitu dengan pilih opsi *toolbar File >> New*, seperti ditunjukkan pada gambar 3.12. di bawah.



Gambar 3.12. Cara Membuka *Text Editor* Baru *Software* BASCOM-AVR
Sumber : Dokumen Pribadi

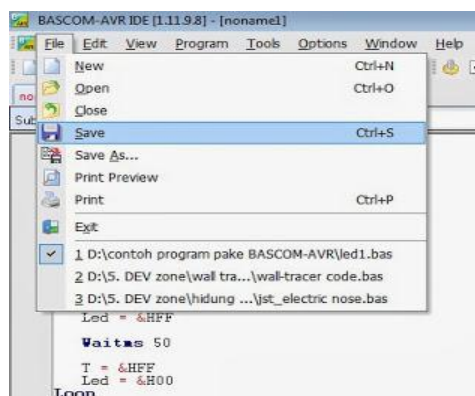
Setelah itu, maka akan terbuka sebuah halaman baru yang dapat digunakan untuk membuat program, seperti pada gambar 3.13. di bawah. Adapun program untuk tampilan LCD *power bank* dapat dilihat di lampiran.



Gambar 3.13. Jendela *Text Editor* Baru

Sumber : Dokumen Pribadi

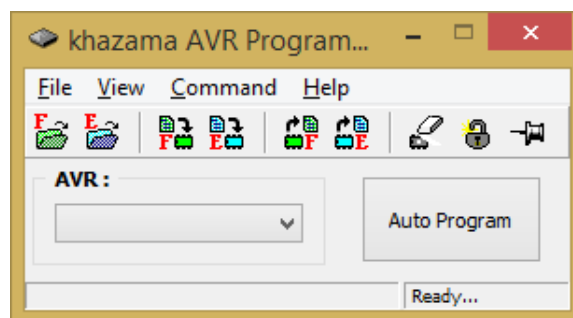
Jika program sudah selesai dibuat, maka langkah selanjutnya yaitu menyimpan *file* program yaitu dengan pilih opsi *toolbar File >> Save* (Ctrl+S), seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.14. di bawah. Tentukan nama *file* dan direktori penyimpanan program BASIC yang kita buat.



Gambar 3.14. Langkah Menyimpan *File* Program

Sumber : Dokumen Pribadi

Apabila *file* program sudah tersimpan, maka langkah selanjutnya yaitu *men-download* program yang sudah dibuat ke dalam mikrokontroler ATmega 8 menggunakan *software* Khazama AVR Programmer, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.15. di bawah. *Software* Khazama AVR sendiri merupakan salah satu *software* yang berguna untuk *men-download* atau mentransfer program yang sudah dibuat ke dalam rangkaian elektronik yang menggunakan mikrokontroler. Sebelum mengatur *port*, mikrokontroler ATmega 8 yang digunakan harus tersambung terlebih dahulu ke PC, yaitu dengan menyambungkan modul USB *downloader* mikrokontroler ke PC menggunakan kabel USB serial. Jika semuanya sudah terpasang dengan baik, maka proses *men-download* bisa berjalan sampai selesai dan alat bisa digunakan.



Gambar 3.15. *Software* Khazama AVR Programmer
Sumber : Dokumen Pribadi

3.5.4. Alamat *Input/Output* Mikrokontroler ATmega 8

3.5.4.1. Alamat *Input* Mikrokontroler ATmega 8

LCD pada *power bank* tenaga *hybrid* bekerja berdasarkan pada mikrokontroler ATmega 8 yang digunakan dengan memiliki 5 *input* pada *port* C/ADC dan 1 *input* pada *port* D dengan alamat dan keterangan pin seperti yang ditunjukkan oleh tabel 3.1. berikut ini.

Tabel 3.1. Alamat *Input* Mikrokontroler ATmega 8

No.	<i>Input</i>	Alamat	Keterangan
1.	Modul <i>Step-Up</i> Tegangan A7530	Pin 23	ADC pembaca tegangan <i>output</i> dari modul <i>step-up</i> A7530 (fungsi OFF)
2.	Sensor Arus ACS712	Pin 24	Pengisian sel surya : ADC pembaca sensor arus ACS712 dari sel surya
3.	Baterai	Pin 25	Daya baterai : ADC pembaca nilai tegangan baterai
4.	Modul <i>Step-Up</i> Tegangan MT3608	Pin 26	ADC pembaca nilai tegangan <i>output</i> dari modul <i>step-up</i> MT3608 (fungsi OFF)
5.	Sensor Tegangan	Pin 27	Pengisian sel surya : ADC pembaca nilai tegangan dari sel surya
6.	Saklar 2	Pin 11	Lampu <i>backlight</i> LCD Keadaan normal (<i>high</i>) lampu <i>backlight</i> LCD OFF

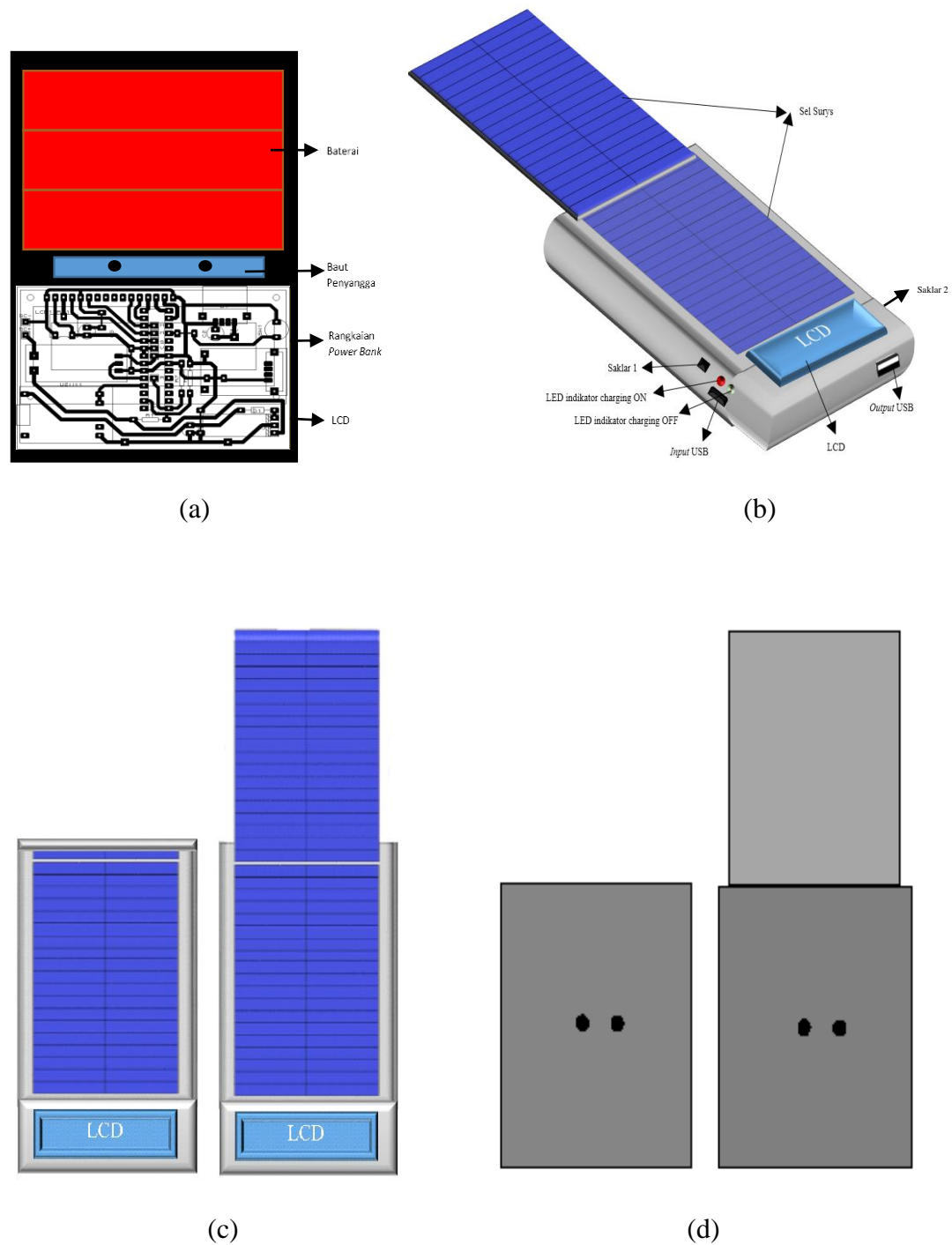
3.5.4.2. Alamat *Output* Mikrokontroler ATmega 8

Pada mikrokontroler ATmega 8 hanya terdapat *output* berupa LCD dengan memiliki 6 *output*. Meskipun ada 8 pin jalur data paralel yang dapat digunakan untuk menampilkan teks dari mikrokontroler ke LCD ini, namun pada pin mikrokontroler ATmega 8 dengan LCD ini hanya menggunakan 4 bit saja, yaitu dari pin D4 sampai dengan pin D7. Alamat dan keterangan pin *output* dapat dilihat pada tabel 3.2. di bawah berikut ini.

Tabel 3.2. Alamat *Output* Mikrokontroler ATmega 8

No.	<i>Output</i>	Alamat	Keterangan
1.	LCD 16x2	Pin 14, 15, 16, 17, 18, 19	Menampilkan persentase kapasitas baterai, nilai tegangan baterai, tegangan sel surya dan arus sel surya.

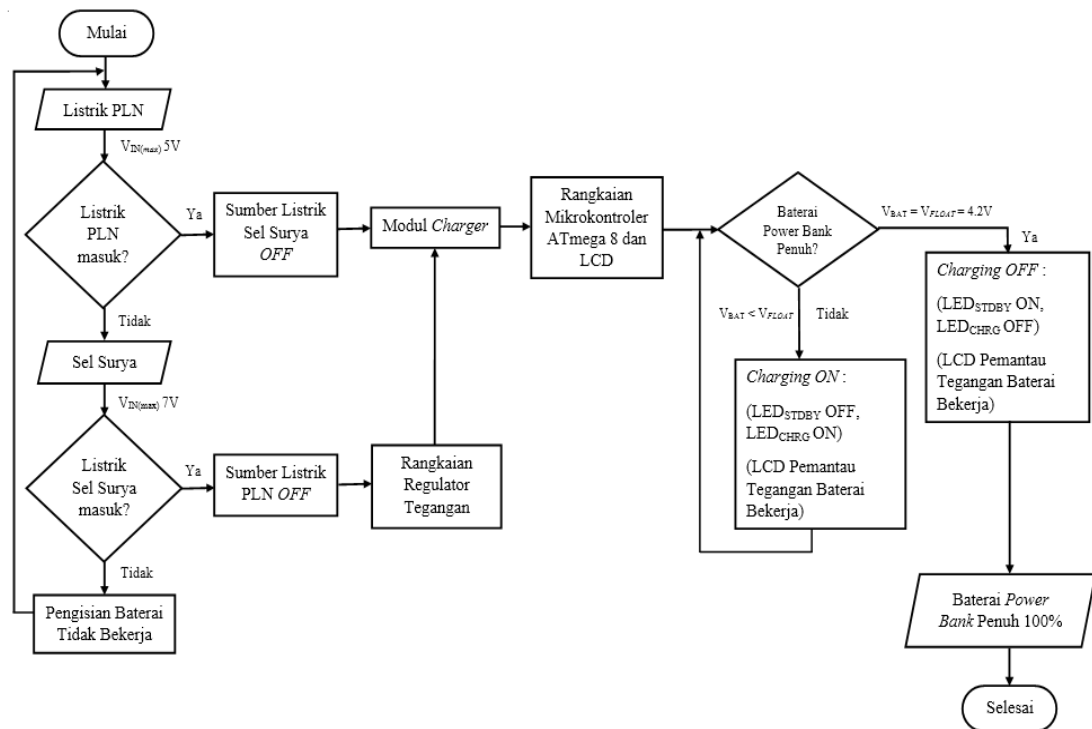
3.5.5. Desain Alat



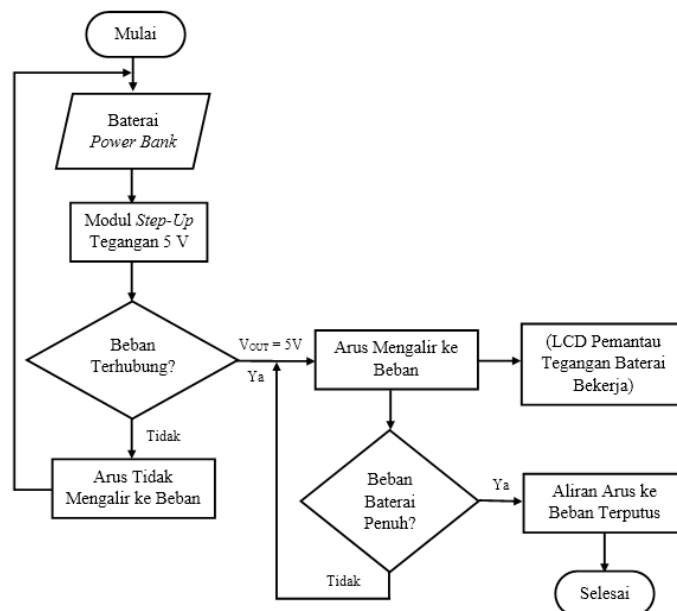
Gambar 3.16. Desain *Power Bank* Tenaga *Hybrid* Tampak Dalam (a), Tampak Samping (b), Tampak Depan (c), dan Tampak Belakang (d)

Sumber : Dokumen Pribadi

3.6. Flow Chart Rangkaian Alat



(a)



(b)

Gambar 3.17. Flow Chart Pada Saat Pengisian (a) dan Pengosongan Baterai (b) Power Bank Tenaga Hybrid

Sumber : Dokumen Pribadi

Gambar *flow chart* seperti pada gambar 3.17. di atas merupakan penjelasan lebih lanjut dari blok diagram *power bank* tenaga *hybrid* serta menjelaskan langkah-langkah prinsip kerja pada *power bank* tenaga *hybrid*. Pada alur prinsip kerja pada *power bank* tenaga *hybrid* sendiri, sebenarnya terdapat dua buah proses utama, yaitu prinsip kerja pada saat proses pengisian baterai pada *power bank* tenaga *hybrid* dan prinsip kerja pada saat proses pengosongan baterai *power bank* atau ketika pengisian beban baterai *smartphone* atau *gadget* dengan menggunakan *power bank* tenaga *hybrid*.

3.7. Prosedur Percobaan Alat

Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada saat percobaan alat, yaitu :

- a. Percobaan pada saat pengisian baterai *power bank*.
 1. *Power bank* tenaga *hybrid* dihubungkan ke adaptor melalui konektor USB untuk menguji pengisian baterai dari *power supply*.
 2. *Power bank* tenaga *hybrid* ditempatkan di lokasi yang terkena sinar matahari untuk menguji pengisian baterai dari sel surya.
 3. Menyiapkan multimeter digital yang akan digunakan untuk mengukur besar tegangan dan arus dari sumber catu daya dan seluruh rangkaian.
 4. Masing-masing *probe* pada multimeter digital dihubungkan pada kutub-kutub *output power supply*, sel surya, dan seluruh sistem rangkaian pada *power bank* tenaga *hybrid*, dimana *probe* yang berwarna merah ke kutub positif dan *probe* yang berwarna hitam ke kutub negatif.
 5. *Probe* pada multimeter digital dipasang secara paralel untuk mengukur nilai tegangan, dan dipasang secara seri untuk mengukur nilai arus.

6. Mengukur besar tegangan keluaran adaptor dan sel surya sebagai V_{IN} sebelum dihubungkan ke seluruh sistem rangkaian pada *power bank* tenaga *hybrid* dan baterai.
 7. Mengukur besar tegangan dan arus keluaran adaptor dan sel surya sebagai V_{IN} dan I_{IN} setelah adaptor dan sel surya dihubungkan ke seluruh sistem rangkaian pada *power bank* tenaga *hybrid* dan baterai.
 8. Mengamati nilai tegangan dan arus yang muncul pada multimeter digital serta menganalisa sistem kerja alat pada seluruh sistem rangkaian pada *power bank* tenaga *hybrid*. Kemudian mencatat hasilnya.
 9. Mengulangi langkah 3 sampai 8 untuk setiap perubahan waktu yang ditentukan sampai baterai *power bank* terisi penuh.
- b. Percobaan pada saat pengosongan baterai *power bank*
1. *Power bank* tenaga *hybrid* dihubungkan ke beban baterai *smartphone* atau *gadget*.
 2. Menyiapkan multimeter digital yang akan digunakan untuk mengukur besar tegangan dan arus yang dihasilkan oleh *power bank* tenaga *hybrid*.
 3. Masing-masing *probe* pada multimeter digital dihubungkan pada kutub *output* konektor USB *power bank* tenaga *hybrid*, *probe* yang berwarna merah ke kutub positif dan *probe* yang berwarna hitam ke kutub negatif.
 4. *Probe* pada multimeter digital dipasang secara paralel untuk mengukur besarnya tegangan, dan dipasang secara seri untuk mengukur arus.
 5. Mengukur besar tegangan dan arus keluaran dari *power bank* tenaga *hybrid* setelah beban baterai *smartphone* sudah dihubungkan.

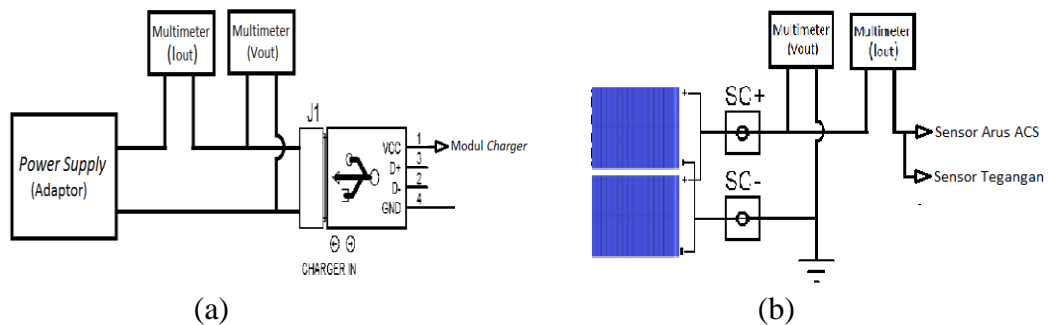
6. Mengamati nilai yang muncul pada multimeter digital serta menganalisa sistem kerja alat pada rangkaian modul *step-up* tegangan. Kemudian mencatat hasilnya.
7. Mengulangi langkah 2 sampai 6 sampai sejumlah beban baterai *smartphone* terisi penuh.

3.8. Teknik Analisis Data

Dalam teknik analisis data digunakan kriteria pengujian *power bank* tenaga *hybrid*, yaitu dengan mengamati data *output* catu daya berupa tegangan dan arus *output* dari sumber *power supply* dan sel surya sebagai data primer yang diambil dengan menggunakan metode pengujian langsung serta menganalisa seluruh sistem kerja alat pada saat pengujian pengisian dan pengosongan baterai *power bank* tenaga *hybrid* di lapangan.

Pada saat proses pengisian baterai, metode pengujian dilakukan pada blok *input* daya listrik dari sumber *power supply* (listrik PLN) dan sumber dari sel surya. Kemudian, pengujian dilakukan pada blok proses yang terdiri dari pengujian pada rangkaian regulator tegangan sel surya, rangkaian *switch* tegangan, rangkaian modul *charger*, rangkaian modul *step-up* tegangan A7530, rangkaian sensor tegangan, rangkaian sensor arus ACS712, rangkaian mikrokontroler Atmega 8 dan LCD. Setelah itu, pengujian dilakukan pada blok *output* yang terdiri dari pengujian rangkaian modul *step-up* MT3608 dan pengujian lajur arus pengosongan baterai *power bank* tenaga *hybrid* dalam melayani sejumlah beban *smartphone*.

3.8.1. Pengujian Blok *Input*



Gambar 3.18. Langkah Pengujian Sumber Catu Daya dengan Menggunakan *Power Supply* (a) dan Sel Surya (b)
Sumber : Dokumen Pribadi

Pada gambar 3.18. di atas menunjukkan cara pengujian pada sumber catu daya. Pengujian pada pada blok *input* dilakukan untuk menguji besarnya tegangan dan arus pengisian dari 2 sumber catu daya, yaitu sumber dari *power supply* dengan menggunakan adaptor dan dari sumber sel surya. Kriteria pengujian pengisian baterai menggunakan *power supply* terdapat pada tabel 3.3. dan pengujian pengisian baterai menggunakan sel surya terdapat pada tabel 3.4.

Tabel 3.3. Pengujian Pada Pengisian Baterai Menggunakan *Power Supply*

No.	Jam	Keadaan <i>Power Supply</i>		Tegangan Baterai	Keterangan
		V _{OUT} (Volt)	I _{OUT} (A)	V _{BAT} (Volt)	

Tabel 3.4. Pengujian Pada Pengisian Baterai Menggunakan Sel Surya

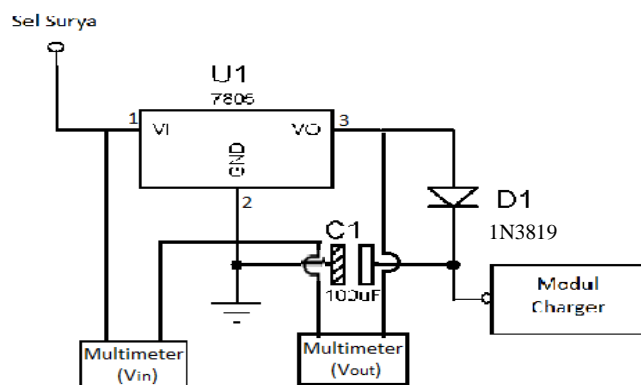
No.	Hari	Jam	Keadaan Cuaca	Keadaan Sel Surya		Tegangan Baterai	Keterangan
				V _{OUT} (Volt)	I _{OUT} (A)	V _{BAT} (Volt)	

3.8.2. Pengujian Blok Proses

Pengujian pada blok proses dilakukan pada sejumlah rangkaian yang aktif selama pengisian baterai *power bank* tenaga *hybrid*. Adapun pengujian pada blok proses terdiri dari beberapa langkah pengujian, yaitu antara lain :

1. Pengujian rangkaian regulator tegangan sel surya.
2. Pengujian rangkaian *switch* tegangan.
3. Pengujian rangkaian modul *charger*.
4. Pengujian rangkaian modul *step-up* tegangan IC A7530.
5. Pengujian rangkaian sensor tegangan.
6. Pengujian rangkaian sensor arus ACS712.
7. Pengujian tampilan LCD.

1. Pengujian Rangkaian Regulator Tegangan Sel Surya



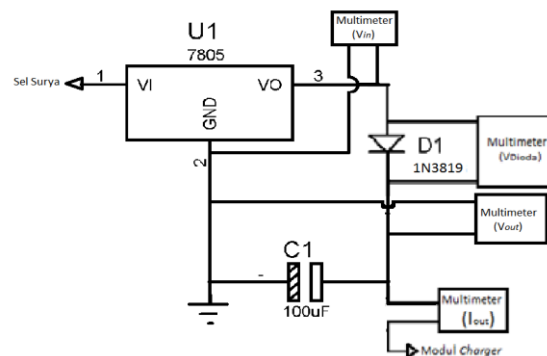
Gambar 3.19. Langkah Pengujian Rangkaian Regulator Tegangan Sel Surya
Sumber : Dokumen Pribadi

Pada gambar 3.19. di atas menunjukkan cara pengujian pada rangkaian regulator tegangan sel surya. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan *input* dan *output* pada sel surya ketika melewati rangkaian regulator IC LM7805. Kriteria pengujian rangkaian terdapat pada tabel 3.5. di bawah ini.

Tabel 3.5. Pengujian Rangkaian Regulator Tegangan Sel Surya

No.	Jam (WIB)	Keadaan Tegangan Sel Surya	
		V_{IN} (Pin 1) (Volt)	V_{OUT} (Pin 3) (Volt)

2. Pengujian Rangkaian *Switch* Tegangan



Gambar 3.20. Langkah Pengujian Rangkaian *Switch* Tegangan
Sumber : Dokumen Pribadi

Pada gambar 3.20. di atas menunjukkan cara pengujian pada rangkaian *switch* tegangan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan V_{IN} sel surya terhadap tegangan V_{OUT} sel surya setelah melewati dioda, dan mengetahui tegangan dan arus yang mengalir pada dioda yang digunakan untuk rangkaian *switch* tegangan ketika dioda bias maju dan bias mundur. Kriteria pengujian rangkaian terdapat pada tabel 3.6. di bawah ini.

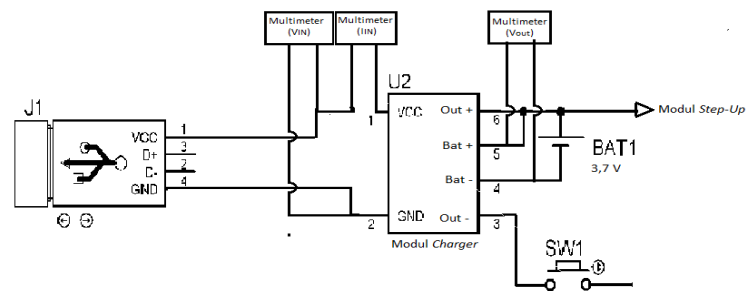
Tabel 3.6. Pengujian Rangkaian *Switch* Tegangan

No.	Tegangan Sel Surya		Keadaan Dioda	I_{OUT} Catu Daya		Tegangan Dioda (Volt)
	(V_{IN}) (Volt)	(V_{OUT}) (Volt)		Sel Surya (A)	Power Supply (A)	

3. Pengujian Rangkaian Modul *Charger*

Pengujian pada modul *charger* memiliki 3 tahap pengujian, yaitu pengujian fungsi penstabil tegangan, *overcharge* dan *overdischarge*. Berikut ini penjelasan dari masing-masing pengujian adalah sebagai berikut.

1. Pengujian Fungsi Penstabil Tegangan



Gambar 3.21. Langkah Pengujian Fungsi Penstabil Tegangan Pada Modul *Charger*

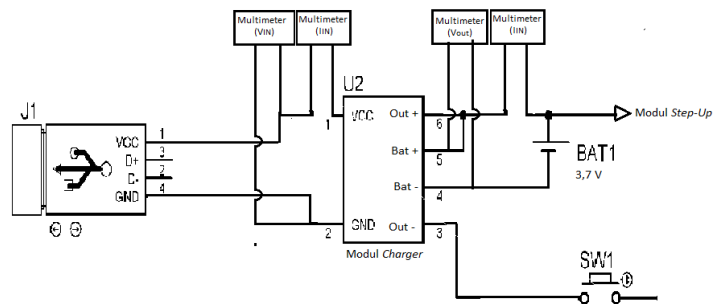
Sumber : Dokumen Pribadi

Pada gambar 3.21. di atas menunjukkan cara pengujian pada fungsi penstabil tegangan modul *charger*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan *output* dari modul *charger* pada saat mendapat sumber tegangan dari sumber *power supply* dan sel surya dengan membandingkan tegangan sumber pada pin V_{CC} atau USB *IN* dengan tegangan *output* pada pin Bat di modul *charger*. Kriteria pengujian fungsi tersebut dapat dilihat pada tabel 3.7.

Tabel 3.7. Pengujian Fungsi Penstabil Tegangan Pada Modul *Charger*

No.	Sumber Catu Daya	Kondisi Modul <i>Charger</i>	
		V_{IN} (Pin Vcc) (Volt)	V_{OUT} (Pin Bat) (Volt)
1.	<i>Power supply</i>		
2.	Sel Surya		

2. Pengujian Fungsi *Overcharge* Pada Modul *Charger*



Gambar 3.22. Langkah Pengujian Fungsi *Overcharge* Pada Modul *Charger*

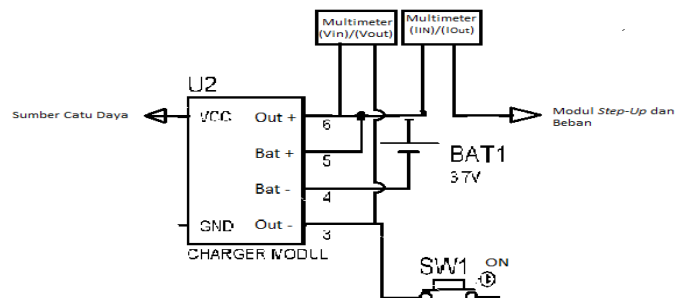
Sumber : Dokumen Pribadi

Pada gambar 3.22. di atas menunjukkan cara pengujian pada fungsi *overcharge* pada modul *charger*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besar tegangan maksimum baterai yang diizinkan modul *charger* ketika terisi penuh dan mengukur besar arus mengalir ketika baterai sudah penuh pada pin Bat. Kriteria pengujian fungsi tersebut dapat dilihat pada tabel 3.8.

Tabel 3.8. Pengujian Fungsi Proteksi *Overcharge* Pada Modul *Charger*

No.	Tegangan Baterai	Kondisi Modul <i>Charger</i>				Kondisi LED	
		V_{IN} (Pin Vcc) (Volt)	I_{IN} (Pin Vcc) (Volt)	V_{OUT} (Pin Bat) (Volt)	I_{OUT} (Pin Bat) (Volt)	CHRG (merah)	STDBY (hijau)
1.	Pengisian						
2.	Penuh						

3. Pengujian Fungsi *Overdischarge*



Gambar 3.23. Langkah Pengujian Fungsi *Overdischarge* Pada Modul *Charger*

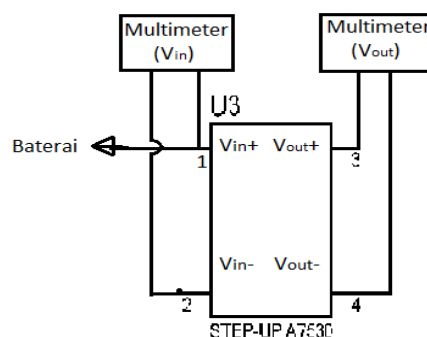
Sumber : Dokumen Pribadi

Pada gambar 3.23. di atas menunjukkan cara pengujian pada fungsi *overdischarge* pada modul *charger*. Pengujian dilakukan dengan mengaktifkan saklar 1 terlebih dahulu, kemudian membandingkan besar tegangan dan arus pada pin *out* di modul *charger* yang terhubung dengan baterai ketika tegangan baterai *power bank* dalam keadaan penuh dengan keadaan akhir tegangan baterai *power bank* ketika tidak mampu lagi melayani beban pengisian *smartphone*. Pengujian fungsi *overdischarge* dilakukan untuk mengetahui besar tegangan minimum baterai yang diizinkan oleh modul *charger* ketika proses pengosongan baterai *power bank* berlangsung. Kriteria pengujian dapat dilihat pada tabel 3.9.

Tabel 3.9. Pengujian Fungsi Proteksi *Overdischarge* Pada Modul *Charger*

No.	Tegangan Baterai	Kondisi Modul <i>Charger</i>	
		V_{OUT} (Pin Out) (Volt)	I_{OUT} (Pin Out) (Volt)
1.	Penuh dan proses pengisian beban baterai berlangsung		
2.	Kosong dan beban baterai penuh		

4. Pengujian Rangkaian Modul *Step-Up* Tegangan IC A7530



Gambar 3.24. Langkah Pengujian Rangkaian Modul *Step-Up* Tegangan IC A7530

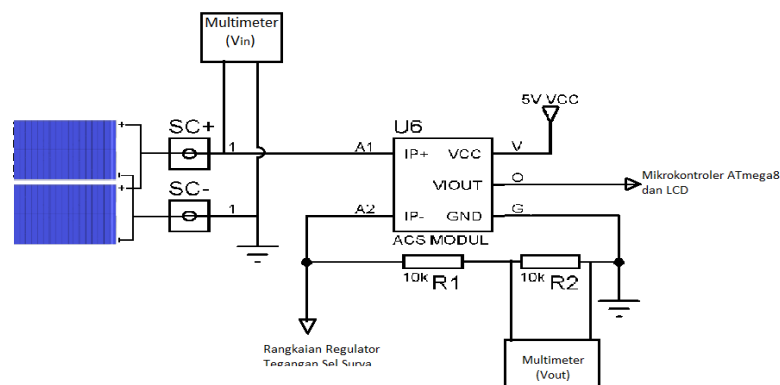
Sumber : Dokumen Pribadi

Pada gambar 3.24. di atas menunjukkan cara pengujian rangkaian modul *step-up* tegangan A7530. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan *output* V_{out} dari modul *step-up* tegangan A7530 terhadap tegangan V_{IN} baterai. Modul ini yang akan menjadi sumber tegangan V_{cc} untuk rangkaian sensor arus ACS712, mikrokontroler ATmega 8 dan LCD. Kriteria pengujian rangkaian dapat dilihat pada tabel 3.10.

Tabel 3.10. Pengujian Rangkaian Modul *Step-Up* Tegangan IC A7530

No.	V_{IN} Baterai	V_{OUT} Modul <i>Step-Up</i> IC A7530
	V_{IN} (Pin V_{IN}) (Volt)	V_{OUT} (Pin <i>Out</i>) (Volt)

5. Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan



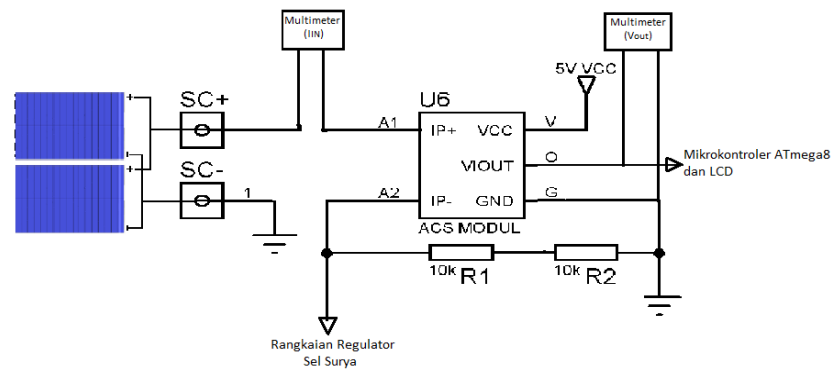
Gambar 3.25. Langkah Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan
Sumber : Dokumen Pribadi

Pada gambar 3.25. di atas menunjukkan cara pengujian rangkaian sensor tegangan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan besar tegangan *input* primer (V_{IN}) dari sel surya terhadap tegangan *output* (V_{OUT}) pada resistor pembagi tegangan sebagai pembaca data analog oleh ADC mikrokontroler ATmega 8. Kriteria pengujian dapat dilihat pada tabel 3.11.

Tabel 3.11. Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan

No.	V_{IN} Tegangan Primer (Volt)	V_{OUT} Pembagi Tegangan (Volt)

6. Pengujian Rangkaian Sensor Arus ACS712



Gambar 3.26. Langkah Pengujian Rangkaian Sensor Arus ACS712
Sumber : Dokumen Pribadi

Pada gambar 3.26. di atas menunjukkan cara pengujian rangkaian sensor arus ACS712. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan sensing *out* (V_{IOUT}) pada sensor ACS712 terhadap perubahan arus *input* dari sel surya (I_{IN}). Kriteria pengujian rangkaian dapat dilihat pada tabel 3.12. di bawah ini.

Tabel 3.12. Pengujian Rangkaian Sensor Arus ACS712

No.	Arus DC Sel Surya (I_{IN}) (A)	V_{out} Tegangan Sensing ACS712 (Pin V_{IOUT}) (Volt)

7. Pengujian Tampilan LCD

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan hasil tegangan dan arus yang tertera pada LCD dengan pengukuran menggunakan multimeter. Kriteria pengujian dalam perbandingan tampilan tegangan sel surya pada LCD dengan multimeter dapat dilihat pada tabel 3.13.

Tabel 3.13. Pengujian dalam Perbandingan Tampilan Tegangan Sel Surya Pada LCD dengan Multimeter

Pembacaan	Tegangan Sel Surya							
	V _{SC1} (Volt)	V _{SC2} (Volt)	V _{SC3} (Volt)	V _{SC4} (Volt)	V _{SC5} (Volt)	V _{SC6} (Volt)	V _{SC7} (Volt)	V _{SC8} (Volt)
Multimeter								
LCD								
Selisih								

Kemudian kriteria pengujian dalam perbandingan tampilan arus sel surya pada LCD dengan multimeter dapat dilihat pada tabel 3.14. di bawah ini.

Tabel 3.14. Pengujian dalam Perbandingan Tampilan Arus Sel Surya Pada LCD dengan Multimeter

Pembacaan	Arus Sel Surya							
	I _{SC1} (A)	I _{SC2} (A)	I _{SC3} (A)	I _{SC4} (A)	I _{SC5} (A)	I _{SC6} (A)	I _{SC7} (A)	I _{SC8} (A)
LCD								
Multimeter								
Selisih								

Kemudian data hasil pengujian dalam perbandingan tampilan tegangan baterai pada LCD dengan multimeter dapat dilihat pada tabel 3.15.

Tabel 3.15. Pengujian dalam Perbandingan Tampilan Tegangan Baterai Pada LCD dengan Multimeter

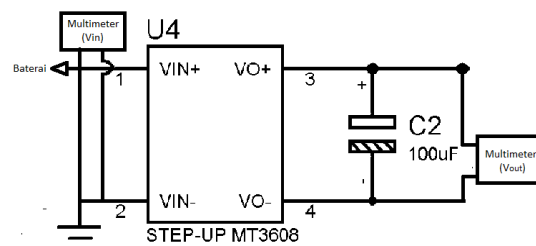
Pembacaan	Tegangan Baterai							
	V _{Bat1} (Volt)	V _{Bat2} (Volt)	V _{Bat3} (Volt)	V _{Bat4} (Volt)	V _{Bat5} (Volt)	V _{Bat6} (Volt)	V _{Bat7} (Volt)	V _{Bat8} (Volt)
LCD								
Multimeter								
Selisih								

3.8.3. Pengujian Blok *Output*

Pengujian pada blok *output* terdiri dari beberapa langkah pengujian, yaitu antara lain :

1. Pengujian rangkaian *step-up* tegangan IC MT3608.
2. Pengujian lajur arus pengosongan baterai *power bank*.

1. Pengujian Rangkaian Modul *Step-Up* Tegangan IC MT3608



Gambar 3.27. Langkah Pengujian Rangkaian Modul *Step-Up* Tegangan IC MT3608

Sumber : Dokumen Pribadi

Pada gambar 3.27. di atas menunjukkan cara pengujian rangkaian modul *step-up* tegangan IC MT3608. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan *output* dari modul *step-up* tegangan IC MT3608 terhadap tegangan baterai. Modul *step-up* tegangan ini digunakan untuk menaikkan tegangan baterai ketika proses pengosongan baterai berlangsung supaya aliran arus pada baterai *power bank* dapat mengalir ke beban baterai *smartphone* atau *gadget* lainnya. Kriteria pengujian rangkaian dapat dilihat pada tabel 3.16.

Tabel 3.16. Pengujian Rangkaian Modul *Step-Up* Tegangan IC MT3608

No.	V_{IN} Baterai	V_{OUT} Modul <i>Step-Up</i> IC MT3608
	V_{IN} (Pin V_{IN}) (Volt)	V_{OUT} (Pin Out) (Volt)

2. Pengujian Lajur Arus Pengosongan Baterai *Power Bank* Tenaga *Hybrid*

Prosedur pengujian lajur arus pengosongan baterai dilakukan untuk mengetahui estimasi laju arus pengosongan baterai *power bank* pada saat melakukan pengisian pada beban baterai *smartphone* dalam berapa siklus pengisian. Kriteria pengujian dapat dilihat pada tabel 3.17. di bawah ini.

Tabel 3.17. Pengujian Lajur Arus Pengosongan Baterai *Power Bank*

No.	Jenis <i>Smartphone</i> (Beban Baterai)	Tegangan Baterai <i>Smartphone</i>		Lajur Arus Pengisian Baterai (A)	Waktu Pengisian (menit)	Banyak Pengisian
	Merk/Kapasitas Baterai (mAH)	Sebelum Pengecasan (Kosong) (Volt)	Setelah Pengecasan (Penuh) (Volt)			